



⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 195 32 976 A 1**

②① Aktenzeichen: 195 32 976.7
②② Anmeldetag: 7. 9. 95
②③ Offenlegungstag: 13. 3. 97

⑤① Int. Cl.⁸:
H 02 K 7/14
H 02 K 5/22
H 02 K 5/16
H 02 K 9/19
H 02 K 11/00
H 02 P 7/00
B 23 Q 5/00

DE 195 32 976 A 1

⑦① Anmelder:
Huber, Gerhard, Dr.-Ing., 88142 Wasserburg, DE;
Reckerth, Hugo, 70567 Stuttgart, DE

⑦④ Vertreter:
Riebling, P., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 88131
Lindau

⑦② Erfinder:
Bauknecht, Günter, Dipl.-Ing., 89073 Ulm, DE

⑥⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 42 14 667 C1
DE 42 01 849 C1
DE 26 44 380 C2
DE-PS 8 36 059
DE 43 41 166 A1

DE 42 43 044 A1
DE 42 17 457 A1
DE 41 29 651 A1
DE 41 08 074 A1
DE 41 03 518 A1
DE 40 27 245 A1
DE 40 25 610 A1
DE 40 02 453 A1
DE 39 31 737 A1
DE 39 28 985 A1
DE 39 24 373 A1
DE 31 01 511 A1
DE 93 05 174 U1
DE 87 04 712 U1
DE-GM 18 03 987
EP 04 80 484 A2

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑥④ Antrieb von Motorspindeln für Werkzeugmaschinen

⑥⑦ Antrieb von Motorspindeln für Werkzeugmaschinen, wo-
bei die Welle der Spindel in einem Spindelgehäuse gelagert
ist und das Wellenende den Rotor des Antriebsmotors trägt,
wobei das Gehäuse sich in einem Gehäuse fortsetzt, in
welchem die gesamte Antriebs- und Regelelektronik des
Motors integriert ist.

DE 195 32 976 A 1

Die Erfindung betrifft einen Antrieb von Motorspindeln für Werkzeugmaschinen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Motorspindeln werden zunehmend in allen Bereichen der Werkzeugmaschinen und auch der Holzbearbeitungsmaschinen zum Drehen, Fräsen, Bohren und Schleifen eingesetzt. Der autonome Antrieb bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber Zentralantrieben und nachgeschalteten Verteilerstufen. Vor allem werden wegen der zunehmenden Kostendegression bei Motorspindeln Einsparungen bei den Montage-, Demontage-, Service- und Logistikkosten erzielt.

Herkömmliche Asynchronmotoren weisen den Nachteil auf, daß sie ein äußerst geringes Anlaufmoment haben und die zum Bearbeiten benötigte Leistung nur durch entsprechend hohe Drehzahlen erreicht werden kann. Die hohe Drehzahl ihrerseits führt zu Problemen, die unter anderem die Arbeitssicherheit, die Späneabfuhr und die Lebensdauer der Spindellagerung betreffen.

Um das Anlaufmoment zu erhöhen, werden in der Regel große Rotordurchmesser benötigt. Diese wiederum verursachen wegen der bei entsprechenden Drehzahlen sich daraus ergebenden hohen Umfangsgeschwindigkeiten hohe Fliehkraftbeanspruchungen, die ihrerseits zu hohen Spannungen führen, die einen kritischen Wert nicht überschreiten dürfen. Ein weiteres Problem stellt auch die Beherrschung der sogenannten EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit) dar. Bei heute üblichen Frequenzumformern werden zwangsläufig durch die Kabel, die einen sehr hochfrequenten Strom (einige kHz) transportieren zu "Antennen" und es bedarf z. T. erheblicher Aufwendungen mittels Abschirmungen, Drosseln oder Filtern, diese Abstrahlungen auf ein zulässiges Maß zu reduzieren. Diese Problematik wird z. B. auch in der am 1.1.96 in Kraft tretenden EU-EMV-Richtlinie dargestellt. Dort sind die Verfahren und Grenzwerte festgelegt, um ein Umweltverträgliches Maß an Abstrahlung sicherzustellen. Ein weiteres Problem stellen die Abmessungen und die Kosten der heute üblichen Frequenzumformer dar. Die Möglichkeiten der "Führung" der Asynchronmaschinen mit den heute bekannten Frequenzumformern ist außerdem sehr beschränkt. Im allgemeinen werden einige wenige Kennfeldpunkte programmiert, die dann unabhängig vom augenblicklichen Betriebszustand des Asynchronmotors als Vorgabewerte ohne Rückführung wirken. Ein Soll-Ist-Vergleich findet nicht statt, so daß hinsichtlich Wirkungsgrad, Temperaturverhalten und Geräusch oft kein optimaler Betriebszustand erreicht wird. Die spezifischen Werte heutiger Asynchronmaschinen (Leistungsgewicht) sind im Hinblick auf den zur Verfügung stehenden Bauraum oft nicht optimal.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Asynchronmaschine als Antrieb für Motorspindeln von Werkzeugmaschinen so weiterzubilden, daß bei wesentlich geringerem Bauvolumen — im Vergleich zu herkömmlichen Asynchronmaschinen — ein höheres Drehmoment bei gleicher Drehzahl erzielt werden kann, wodurch eine höhere Leistung erzielt werden soll.

Die Erfindung hat ferner die Aufgabe, einen Antrieb von Motorspindeln mit dem Ziel vorzuschlagen, geringere Störabstrahlungen zu gewährleisten.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe ist die Erfindung durch die technische Lehre des Anspruchs 1 gekennzeichnet.

Wesentliches Merkmal der Erfindung ist, daß in einem gemeinsamen Gehäuse, welches der Lagerung der Spindel und gleichzeitig der Lagerung des Motors dient, der Rotor der Asynchronmaschine frei gelagert ist und daß in diesem Gehäuse gleichzeitig die gesamte Antriebs- und Regelelektronik für den Motor integriert ist.

Mit den gegebenen technischen Merkmalen ergibt sich der wesentliche Vorteil, daß eine relativ kurze Baulänge erzielt werden kann, weil lediglich die Spindel zweiseitig gelagert ist, während der Rotor der Asynchronmaschine frei fliegend gelagert ist und das Wellenende der Spindel bildet.

Ferner ist wichtig, daß in direkter Nähe und unmittelbar angrenzend an dem Asynchronmotor im gleichen Gehäuse die gesamte Antriebs- und Regelelektronik untergebracht ist, die bevorzugt in einem metallischen Gehäuse untergebracht ist, welches Abstrahlungen nach außen verhindert.

Durch die direkte Integration der Elektronik in dem Gehäuse der Asynchronmaschine ergibt sich der wesentliche Vorteil, daß die Verbindungsleitungen zwischen den Statorwicklungen und der Antriebs- und Regelelektronik kürzestmöglich gefaßt werden können, wodurch Störabstrahlungen über diese Leitungen praktisch ausgeschlossen werden.

Ein derartiger Motor mit einer Leistung von z. B. 20 KW wird mit Drehzahlen im Bereich zwischen 5000 bis 30000 Umdrehungen pro Minute betrieben.

Ein Rotor kann hierbei einen Außendurchmesser von z. B. 55 mm aufweisen und eine Länge des Blechpaketes von etwa 60 mm.

Damit konnten erstmals relativ geringe Baugrößen realisiert werden. Eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sieht deshalb eine Gesamtlänge von Motorantrieb und Spindelgehäuse von 350 mm vor, bei einem Gesamtaußendurchmesser von 102 mm.

Es war bisher nicht bekannt, derartige Leistungen — wie oben angegeben — mit derartigen kleinen Bauformen zu bewältigen, wobei das Problem der EMV in optimaler Weise gelöst wird.

In einer Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, daß das gesamte Gehäuse, d. h. also das Gehäuse in dem die Elektronik angeordnet ist und auch das Motorgehäuse von einem Flüssigkeitsstrom gekühlt wird, welcher Flüssigkeitsstrom z. B. Wasser oder Öl ist.

Der Läufer der erfindungsgemäßen Motorspindel besteht aus einem öl- oder fettgeschmierten wälzgelagerten Rotor, der in einem vorzugsweise wasser- oder auch ölgekühlten Gehäuse untergebracht ist. Lagerung, Rotor und Rotormassen sind so aufeinander abgestimmt, daß bezüglich des Schwingungsverhaltens (biegekritische) optimale Verhältnisse vorliegen. Die fliegende Anordnung des Asynchronmotors bietet den Vorteil, daß die Spindeleinheit im komplett montierten Zustand gewuchtet werden kann und beim Austausch der Einheit keine Justage des Gehäuses erforderlich wird.

Der E-Motor ist als vielsträngige, mehrpolige Asynchronmaschine ausgeführt. Die Leistungs- und Steuerelektronik wird direkt hinter dem fliegend angeordneten Rotor und Stator im Hauptgehäuse untergebracht, wobei die Wasser/Ölkühlung gleichzeitig den Stator und die Elektronik kühlt.

Das Anlaufmoment dieses Motors ist aus dem Stand heraus um das 10- bis 20-fache höher als bei bekannten Asynchronmotoren. Die Momentencharakteristik kann dabei den Erfordernissen optimal angepaßt werden, z. B. nach dem gewünschten Wirkungsgradverhalten,

der geringsten Wärmeentwicklung des Rotors, dem geforderten Eckleistungspunkt bei einer gewünschten Drehzahl oder dem optimalen Drehmomentenverlauf über der Drehzahl.

Durch das hohe Anlaufmoment, das über einen weiten Drehzahlbereich nahezu konstant gehalten werden kann, ist es möglich, schon bei moderaten Drehzahlen die notwendige Antriebsleistung bereitzustellen, wie sie der Bearbeitungsprozeß, z. B. Drehen, Fräsen, Bohren oder Schleifen benötigt. Damit werden geringere Umfangsgeschwindigkeiten möglich, was die Fliehkraftbeanspruchung des Rotors reduziert und damit geringere mechanische Spannungen hervorruft. Dadurch wird die Arbeitssicherheit erhöht, die Späneabfuhr verbessert und die Lebensdauer der Spindellager erhöht.

Durch die oben beschriebene Anordnung wird verhindert, daß, — wegen des in sich abgeschirmten Gehäuses und der extrem kurzen Leitungen — hochfrequente Ströme elektromagnetische Wellen ausstrahlen können, die die bekannte EMV-Problematik hervorrufen. Dabei sind keine zusätzlichen Abschirmungen, Drosseln oder Filter nötig. Durch die Vielsträngigkeit der E-Maschine werden die Einzelströme so klein, daß es möglich ist, die Leistungselektronik so zu miniaturisieren, daß sie im Gehäuse mit untergebracht werden kann. Durch einen speziellen Algorithmus wird der augenblickliche Betriebszustand des Motors dauernd abgefragt und durch einen Soll-Ist-Vergleich so geregelt, daß das bekannte "Abkippen" des Asynchronmotors verhindert werden kann. Damit kann immer ein Optimum hinsichtlich Leistungsausbeute (Wirkungsgrad), Temperaturverhalten und Geräusch erzielt werden.

Der Erfindungsgegenstand der vorliegenden Erfindung ergibt sich nicht nur aus dem Gegenstand der einzelnen Patentansprüche, sondern auch aus der Kombination der einzelnen Patentansprüche untereinander.

Alle in den Unterlagen, einschließlich der Zusammenfassung, offenbarten Angaben und Merkmale, insbesondere die in den Zeichnungen dargestellte räumliche Ausbildung werden als erfindungswesentlich beansprucht, soweit sie einzeln oder in Kombination gegenüber dem Stand der Technik neu sind.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von lediglich einen Ausführungsweg darstellenden Zeichnungen näher erläutert. Hierbei gehen aus den Zeichnungen und ihrer Beschreibung weitere erfindungswesentliche Merkmale und Vorteile der Erfindung hervor.

Es zeigen:

Fig. 1 schematisiert ein Schnittbild durch die Motorspindel;

Fig. 2 ein Diagramm Leistung und Moment über die Drehzahl.

In einem metallischen Spindelgehäuse 1 ist eine Spindel 3 drehbar gelagert, wobei in dem Spindelgehäuse 1 ein Spindeleinsatz 2 vorhanden ist, der mittels Schrauben 20 an dem Spindelgehäuse 1 leicht auswechselbar befestigt ist. Mit dem Lösen der Schrauben 20 kann somit der gesamte Spindeleinsatz 2 zusammen mit dem Rotor 11 des Motors herausgezogen werden. Beide Wälzlager 5, 6 sind mit Hilfe eines Labyrinthtringes 21 auf der Welle 12 der Spindel 3 verspannt.

Die Spindel 3 trägt an ihrem vorderen Ende einen Werkzeug-Aufnahmekegel, der eine nicht gezeigte Werkzeugaufnahme einspannt.

Der Motor besteht aus einem Ringmantel 22, der z. B. aus einem Bronzeguß besteht, welcher Ringmantel an seinem vorderen und hinteren Ende mit O-Ringen 23 an dem Spindelgehäuse 1 abgedichtet ist.

In an sich bekannter Weise ist ein Stator 7 vorhanden, der in mehreren Nuten Statorwicklungen trägt.

Der Rotor 11 ist als Kurzschlußläufer ausgebildet und weist einzelne Kurzschlußstäbe auf.

Wichtig ist nun, daß auf der Hinterseite des Spindelgehäuses unmittelbar ein weiteres Gehäuse 24 angeflanscht ist, welches an seiner Innenseite die vollständige Elektronik 7 für die Regelung des Antriebsmotors trägt.

An der Steckdose 9, die an der Rückseite des Gehäuses 24 befestigt ist, wird lediglich ein Gleichstrom zugeführt und gegebenenfalls noch Steuersignale, die zur Regelung benötigt werden.

Der gesamte Aufbau der Elektronik 10 ist hierbei auf einer Schreibe 18 angeordnet, die mit einem Sicherungsring 19 in dem Gehäuse 24 befestigt ist. Sichteits der Scheibe 18 ist ein Kühlraum 17 angeordnet, der von einem Kühlmedium durchströmt wird. Das Kühlmedium wird hierbei über einen Anschluß 8 eingeführt und durchströmt sowohl den Kühlraum 17 als auch den Kühlmantel 16 des Motors.

Wichtig ist, daß die Leitungsverbindungen zwischen der Elektronik 10 und der Statorwicklung 14 außerordentlich kurz ausgeführt sind, weil diese Leitungsverbindungen hohe Störstrahlungen abstrahlen, die damit in optimaler Weise von dem metallischen Gehäuse 1, 24 abgeschirmt werden.

Es kann im übrigen vorgesehen sein, daß die Elektronik 10 noch von einem Gehäuse 15 ummantelt ist.

Wichtig hierbei ist, daß die eine hohe Wärmeabgabe abgebenden Leistungsstellen, wie z. B. Transistoren und Thyristoren direkt auf der Scheibe 18 angeordnet sind, welche an ihrer Rückseite direkt in den Kühlraum 17 hineinragen.

Es erfolgt damit eine optimale Wärmeabführung aller wärmeerzeugenden Teile der Elektronik 10.

Wichtig ist ferner, daß das Wellenende 13 der Welle 12 frei gelagert ist und daß dieses Wellenende 13 den Rotor 11 trägt. Damit wird die Baulänge der gesamten Einheit wesentlich verkürzt, denn es entfällt ein weiteres Lager, welches anderenfalls am axialen Ende des Rotors 11 angeordnet werden müßte.

In Fig. 2 ist hierbei das Drehmoment 25 und die mechanische Leistung 26 über die Drehzahl aufgetragen.

Hierbei wird das Drehmoment 25 der Antriebsmaschine nach der Erfindung mit einem Drehmoment 25a einer herkömmlichen Antriebsmaschine gleicher Baugröße verglichen, ebenso wie dies bezüglich der Leistung 26 der erfindungsgemäßen Antriebsmaschine mit einer herkömmlichen Antriebsmaschine bezüglich der Leistung 26a erfolgt.

In Fig. 2 ist erkennbar, daß ausgehend von einer Drehzahl im Bereich zwischen 0 und 5000 Umdrehungen pro Minute die Leistung relativ steil proportional ansteigt, während das Drehmoment konstant sich über diesen Leistungsbereich erstreckt.

Mit zunehmender Drehzahl im Bereich zwischen 5000 und 10000 Touren steigt die mechanische Leistung ebenfalls noch stark proportional an, während das Drehmoment nur leicht abfällt. In diesem Bereich wird die Maschine bevorzugt betrieben.

Vergleichsweise sind unten in Fig. 2 Drehmomentenverlauf und Leistungsverlauf herkömmlicher Antriebsmaschinen dargestellt, wo erkennbar ist, daß einem relativ kleinen Drehmoment auch nur eine kleine Leistung bei vergleichbarer Drehzahl entspricht.

Im Drehzahlbereich zwischen 10000 Touren und 15000 Touren bleibt die Leistung 26 konstant, während das Drehmoment abfällt.

Besonders vorteilhaft ist, daß bereits schon bei relativ niedrigen Drehzahlen das hier angegebene hohe Drehmoment bei hoher Leistung erzielt werden kann, während bei konventionellen Asynchronmaschinen erst bei viel höheren Drehzahlen (z. B. 15000 bis 25000) eine einigermaßen brauchbare Leistung und ein entsprechendes Drehmoment erzeugt werden.

Die besagte Asynchronmaschine kann also bei wesentlich geringeren Drehzahlen eine höhere Leistung entfalten.

Bezugszeichenliste

1 Spindelgehäuse	
2 Spindeleinsatz	15
3 Spindel	
4 Werkzeug-Aufnahmekegel	
5 Wälzlager	
6 Wälzlager	
7 Stator	20
8 Anschluß	
9 Steckdose	
10 Elektronik	
11 Rotor	
12 Welle	25
13 Wellenende	
14 Statorwicklung	
15 Gehäuse	
16 Kühlmantel	
17 Kühlraum	30
18 Scheibe	
19 Sicherungsring	
20 Schrauben	
21 Labyrinthring	
22 Ringmantel	35
23 O-Ring	
24 Gehäuse	
25 Drehmoment 25a	
26 Leistung 26a	40

Patentansprüche

1. Antrieb von Motorspindeln für Werkzeugmaschinen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Welle (12) der Spindel (3) in einem Spindelgehäuse (1) gelagert ist und das Wellenende (13) den Rotor (11) des Antriebsmotors trägt, wobei das Gehäuse (1) sich in einem Gehäuse (24) fortsetzt, in welchem die gesamte Antriebs- und Regelelektronik des Motors integriert ist.
2. Antrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet** daß die Welle (12) in zwei Wälzlagern (5, 6) gelagert ist, welche vor dem Motor angeordnet sind.
3. Antrieb nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet** daß die Wälzlager (5, 6) in einem Spindeleinsatz (2) gelagert sind, welcher wiederum im Gehäuse (1) festgelegt ist.
4. Antrieb nach einem der Ansprüche 1—3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stator (7) des Motors von einem Ringmantel (22) umgeben ist, der mittels Dichtungen (23) gegenüber einem Kühlmantel (16) abgedichtet ist.
5. Antrieb nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kühlmantel (16) von Kühlflüssigkeit durchströmt wird.
6. Antrieb nach einem der Ansprüche 1—5, **dadurch gekennzeichnet** daß das Gehäuse (24) am Gehä-

se (1) angeflanscht ist.

7. Antrieb nach einem der Ansprüche 1—6, **dadurch gekennzeichnet** daß das Gehäuse (24) einen Kühlraum (17) aufweist, der von Kühlflüssigkeit durchströmt ist.

8. Antrieb nach einem der Ansprüche 1—7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Antriebs- und Regelelektronik auf einer gut wärmeleitenden Scheibe (18) angeordnet ist, welche direkt mit dem Kühlraum (17) in Kontakt steht.

9. Antrieb nach einem der Ansprüche 1—8, **dadurch gekennzeichnet** daß die Antriebs- und Regelelektronik fortwährend eine Soll-Ist-Abfrage des Betriebszustands des Motors durchführt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

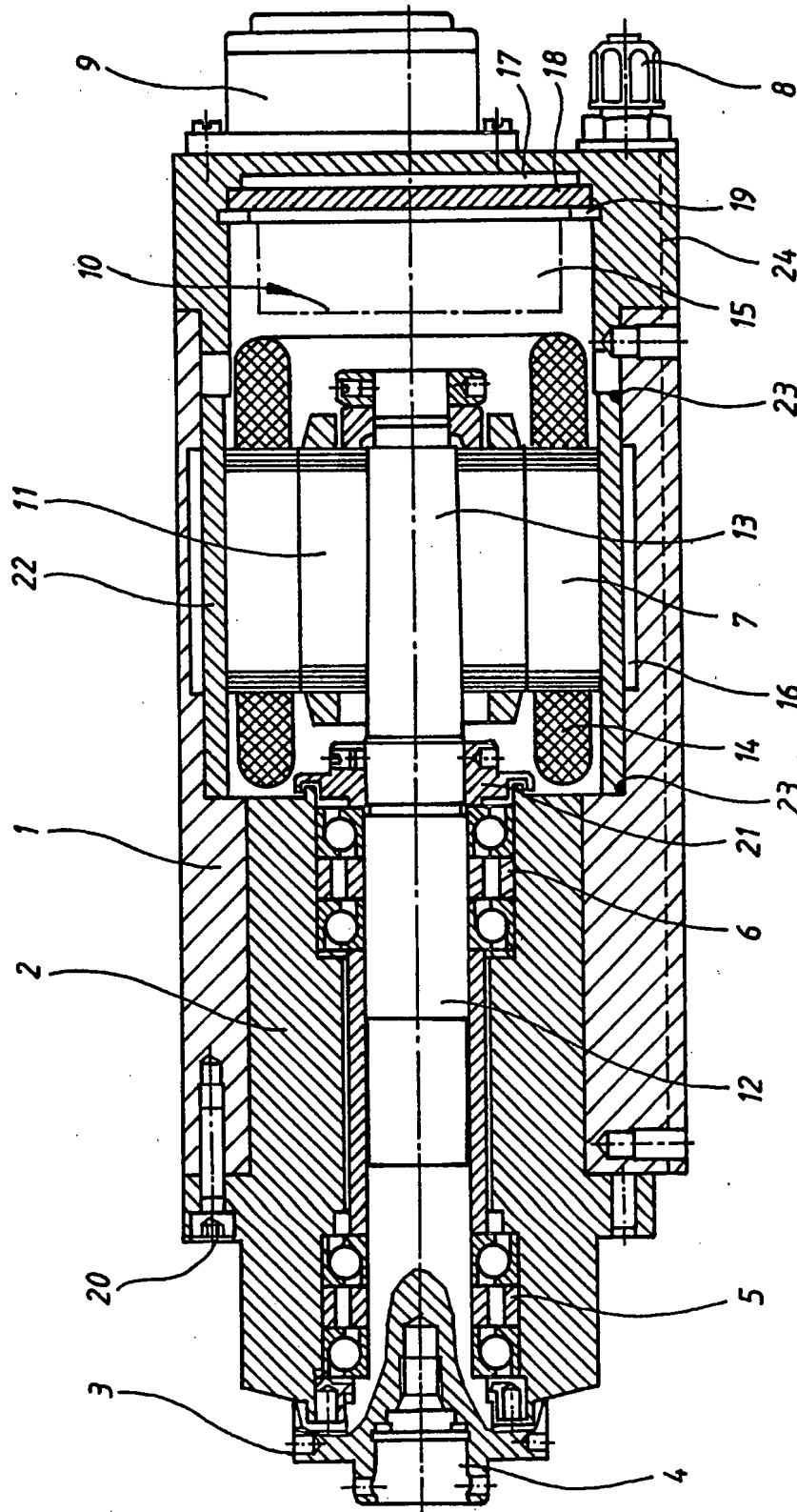


FIG 1

Leistung u. Moment über der Drehzahl

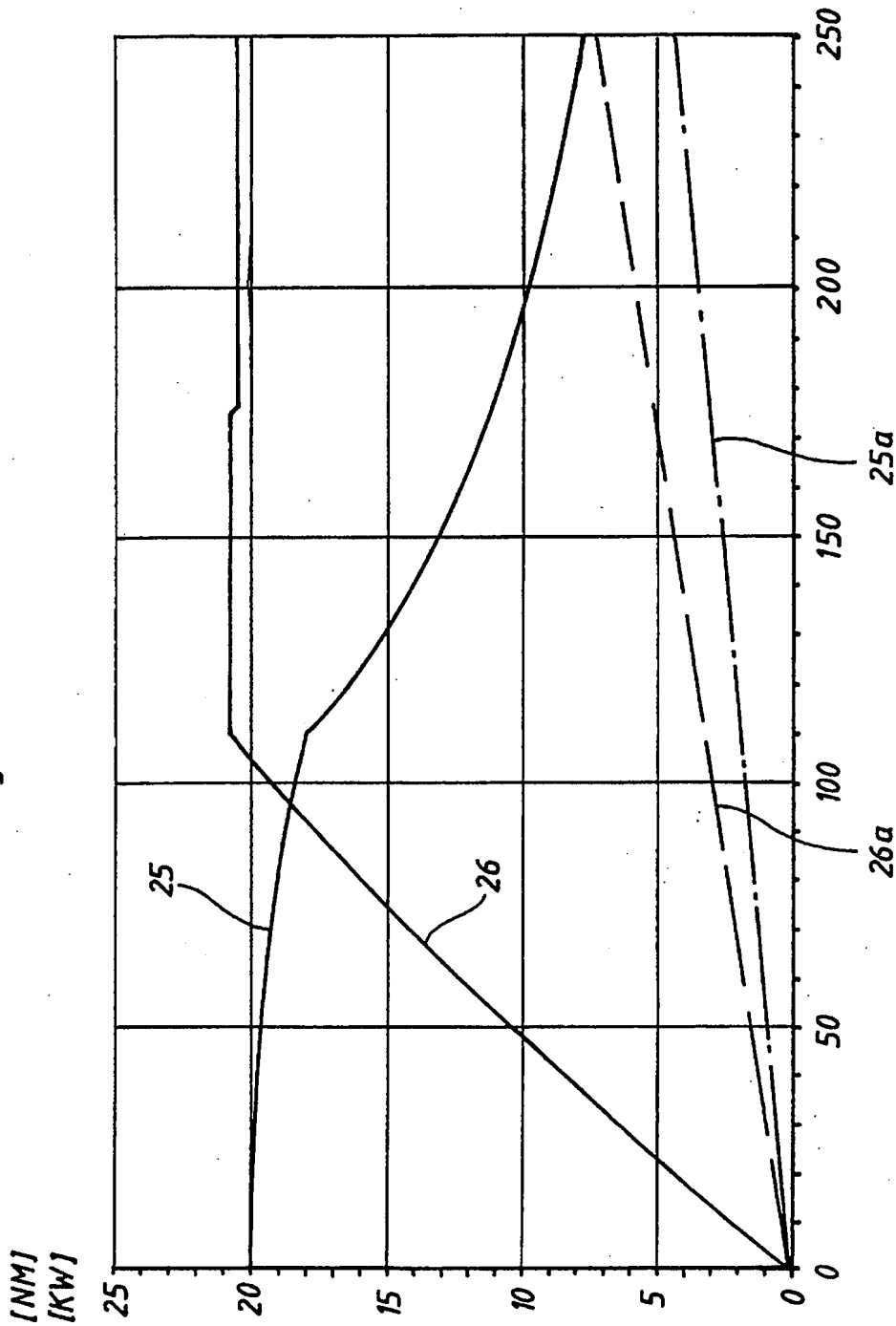


FIG 2

PUB-NO: DE019532976A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: **DE 19532976 A1**

TITLE: Machine tool motor spindle drive

PUBN-DATE: March 13, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
BAUKNECHT, GUENTER DIPL ING	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HUBER GERHARD DR ING	DE
RECKERTH HUGO	DE

APPL-NO: DE19532976

APPL-DATE: September 7, 1995

PRIORITY-DATA: DE19532976A (September 7, 1995)

INT-CL (IPC): H02K007/14, H02K005/22 , H02K005/16 , H02K009/19 , H02K011/00
, H02P007/00 , B23Q005/00

EUR-CL (EPC): H02K007/14 ; B23Q001/70, H02K007/08 , H02K009/19 , H02K011/04

ABSTRACT:

CHG DATE=19990617 STATUS=O>The drive has the shaft (12) of the spindle (3) supported in a spindle housing (1) via a pair of roller bearings (5,6), with the shaft end (13) carrying the rotor (11) of the electric drive motor. The spindle housing is combined with a further housing (24) in which the electronic drive and regulation components for the electric drive motor are contained. Pref. the stator (7) of the electric drive motor is enclosed by an annular mantle (22) sealed against a cooling mantle (16) via end seals (23).

DERWENT-ACC-NO: 1997-166629

DERWENT-WEEK: 199716

COPYRIGHT 2007 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Machine tool motor spindle drive - has rotor of electric drive motor fitted to end of spindle shaft supported within spindle housing via roller bearings.

INVENTOR: BAUKNECHT, G

PATENT-ASSIGNEE: HUBER G[HUBEI], RECKERTH H[RECKI]

PRIORITY-DATA: 1995DE-1032976 (September 7, 1995)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
<u>DE 19532976 A1</u>	March 13, 1997	N/A	006	H02K 007/14

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
DE 19532976A1	N/A	1995DE-1032976	September 7, 1995

INT-CL (IPC): B23Q005/00, H02K005/16, H02K005/22, H02K007/14, H02K009/19, H02K011/00, H02P007/00

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 19532976A

BASIC-ABSTRACT:

The drive has the shaft (12) of the spindle (3) supported in a spindle housing (1) via a pair of roller bearings (5,6), with the shaft end (13) carrying the rotor (11) of the electric drive motor. The spindle housing is combined with a further housing (24) in which the electronic drive and regulation components for the electric drive motor are contained. Pref. the stator (7) of the electric drive motor is enclosed by an annular mantle (22) sealed against a cooling mantle (16) via end seals (23).

ADVANTAGE - Compact drive with high torque.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/2

TITLE-TERMS: MACHINE TOOL MOTOR SPINDLE DRIVE ROTOR ELECTRIC DRIVE MOTOR FIT

END SPINDLE SHAFT SUPPORT SPINDLE HOUSING ROLL BEARING

DERWENT-CLASS: P56 V06 X11

EPI-CODES: V06-M09; V06-M10; V06-M13; V06-M14; X11-J04; X11-J05B; X11-J06;
X11-J06A; X11-J07A; X11-J07X;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1997-136979